

고무 발포 배관 보온 단열재의 성능 기준 및 평가

전 현 석, 최 현 중, 최 경 석, 강 재 식, 이 승 언, 정 광 섭*

한국건설기술연구원 건축 계획·환경 연구실, *서울산업대학교 건축학부

Performance Standards and Evaluation of Elastomeric Flexible Cellular Insulation

Hyun-Seok Jeon[†], Hyoun-Jung Choi, Gyoung-Seok Choi, Jae-Sik Kang,
Seung-Eon Lee, Gwang-Seop Jeong*

ABSTRACT: Elastomeric Flexible Cellular Insulation is widely used in construction fields to prevent condensation and frozen pipes, reduce energy, and improve insulation. However, when Elastomeric Flexible Cellular Insulation has been installed in buildings in Korea, there was no standardization, which resulted in heat loss. Therefore, insulation design standards need to be developed and from these standards, pipe insulation should be improved to increase its efficiency. This study estimates temperature and surface-emissivity according to the thickness of insulation to evaluate thermal performance.

Key words: Elastomeric Flexible Cellular Insulation(고무발포보온재), Insulation Performances (단열성능)

1. 서 론

에너지자원의 부족으로 해외 에너지 의존도가 97%인 국내실정에서 에너지절약은 대단히 중요한 문제라 할 수 있다. 한편 국내 전체 에너지 사용량 중 건물부분이 차지하는 비율은 1/3에 이르고 있으며, 건축물의 열성능 향상을 위해서 효과적인 건축물의 단열은 대단히 중요하다.

국내외 건축문화의 발달로 단열재의 종류도 새로운 제품이 출시되고 전 세계가 점차적으로 모든 법규 및 규정이 일체화되어지고 있으며 단열

재 또한 사용용도, 종류 등이 통일되어지고 있다. 이에 따라 국내 단열재의 종류도 과거에 쓰였던 인조광물섬유보온재(암면), 유리면보온재, 발포폴리스틸렌(스티로폼), 경질우레탄폼, 필라이트보온재등에 대하여 국제적인 기준과 새로운 제품에 대한 대안책등을 고려 개정할 필요성이 있다고 생각한다.

현재 여러 건축현장에서 결로방지, 에너지절감, 동파방지, 보온, 보냉 목적으로 고무발포보온단열재를 국내·외에서 많이 사용하고 있다. 하지만 국내에서는 고무발포보온재에 대한 명칭, 사용용도, 품질기준, 시험 방법 등에 대한 표준 없이 사용되어지고 있다. 이런 고무발포배관단열재의 사용에 따른 열손실 방지를 위한 단열설계 기준 개발을 통해 합리적 단열성능 강화가 시급한 실정이

[†] Corresponding author

Tel.: +82-31-910-0145; fax: +82-31-910-0361

E-mail address: seok4392@kict.re.krr

다. 따라서 본 실험을 통해 배관 단열재 종류별 두께에 따른 단열성과 표면 열방사율을 측정하여 고무발포배관단열재의 단열성을 비교하는데 목적이 있다.

2. 배관 보온 단열재의 종류 및 실험방법

배관 보온 단열재의 종류별 성능 기준 및 평가를 실시하기 위해 그라스울, 미네랄울(무기 단열재), 발포고무, 발포폴리에틸렌(유기 단열재) 4종류의 단열재를 대상으로 내경 15 mm, 두께 25 mm, 40 mm, 50 mm 총 12종 배관 단열재를 선정하였다. 성능 기준 및 평가 실험은 규모가 12,000 (W) × 4,000 (L) × 3,500 (H) mm로 실내 온도 10~60 °C, 상대습도 40~60 %의 범위에서 설정 온습도의 조절이 가능한 다목적 인공기상실험실 실내에서 수행하였다.

실험 방법으로는 -10 °C~99 °C의 범위 설정 저온순환항온수조와 강관 파이프(외경 15 mm)에 선정된 배관단열재의 길이 300 mm, 다음 배관 단열재의 거리를 100 mm 유지시키고, 그사이를 고단열재(그라스울)로 마감을 하였다. 인공기상실험실 내부조건은 20 °C, 50 %의 조건을 유지하면서 온수온도 0 °C, 10 °C, 30 °C, 60 °C 각각 24 시간 운전에 따른 온도변화를 측정하였다. 이때 물의 속도는 5 lpm이다. Fig. 2는 실험 설치 방법을 나타내고 있다.

온도 측정은 그림 3과 같이 데이터로거(YOKO GAWA DA 100)와 T-type 열전대를 이용하여 급수, 환수온도, 배관단열재 내부와 배관단열재 외부, 실내온도를 측정하였고, 열류량은 데이터로거(GRANT 2020)과 열류센서(FMF-20)를 사용하여 배관단열재 외부에서 외부 발열량을 측정하였다. Fig. 4는 측정 사진을 나타낸다.

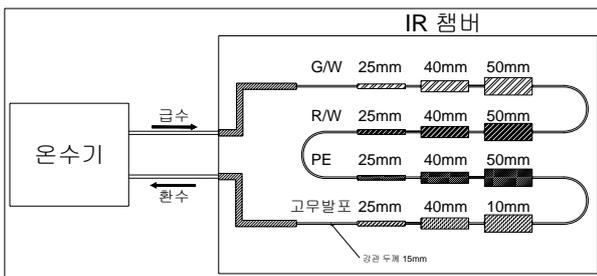


Fig. 2 실험 설치 방법

3. 실험 결과

본 실험에 고무발포배관보온단열재의 성능 기준 및 평가에 대한 실험 결과는 다음과 같다. Fig. 5~8은 배관 보온단열재 R/W, G/W, PE, 발포고무 단열재 4종류에 대하여 두께 24 mm, 40 mm.

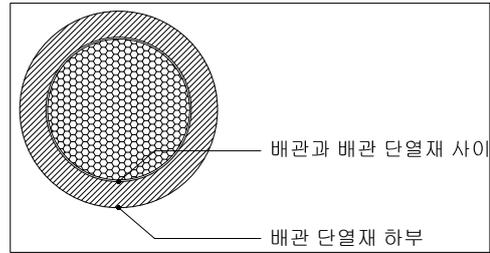


Fig. 3 배관단열재 측정온도부위

50 mm의 각각의 온수공급에 온도변화를 나타낸다.

Fig. 5와 같이 공기온도 20°C, 습도 50% 온수설

3. 실험 결과

본 실험에 고무발포배관보온단열재의 성능 기준 및 평가에 대한 실험 결과는 다음과 같다. Fig. 5~8은 배관 보온단열재 R/W, G/W, PE, 발포고무 단열재 4종류에 대하여 두께 24 mm, 40 mm. 50 mm의 각각의 온수공급에 온도변화를 나타낸다.

Fig. 5와 같이 공기온도 20°C, 습도 50% 온수설



Fig. 4 실험장면

정 온도 0°C조건일 때 급수온도 0.0°C 환수온도 1.0°C, 공기온도 19.5°C의 조건을 만족 시킬 때, G/W단열재는 두께 40 mm일 때 외부 표면의 평균온도는 17.5 °C, R/W단열재는 두께 25 mm 일 때 외부 표면의 평균온도는 17.6 °C의 높은 온도

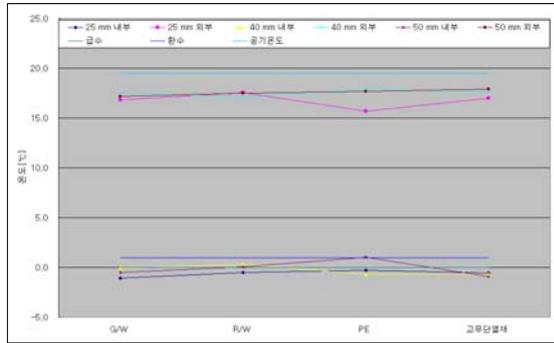


Fig. 5 0°C 온수공급일 때 온도변화

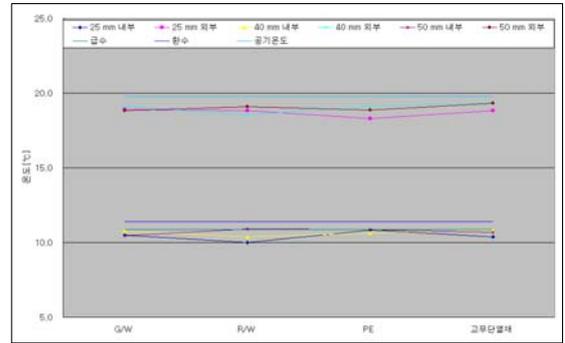


Fig. 6 10°C 온수공급일 때 온도변화

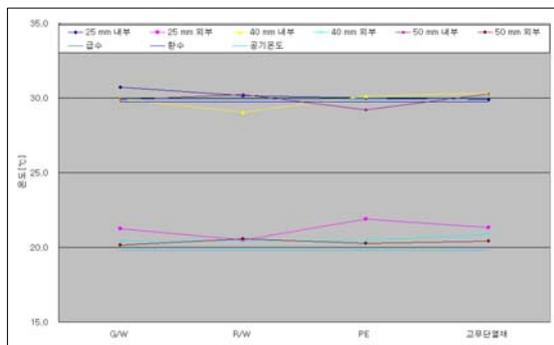


Fig. 7 30°C 온수공급일 때 온도변화

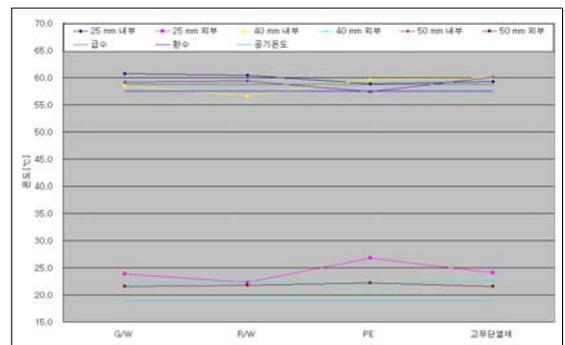


Fig. 8 60°C 온수공급일 때 온도변화

를 보이고, PE단열재는 두께 40 mm일 때 외부 표면의 평균온도 17.9 °C, 고무단열재는 두께 50 mm일 때 외부 표면의 평균온도 17.9°C의 높은 온도를 나타낸다.

두께 25 mm에서는 R/W단열재 외부온도 17.6 °C, 두께 40 mm에서는 PE단열재 외부온도 17.9 °C, 두께 50 mm에서는 고무단열재 외부온도 17.9°C의 높은 온도를 나타낸다.

열류량은 두께 25 mm 일 때 R/W, PE, 고무단열재가 0.01 W/m², 두께 40 mm 일 때 R/W단열재가 0.006 W/m², 두께 50 mm 일 때 G/W단열재가 0.003 W/m²로 우수성을 나타낸다.

Fig. 6과 같이 공기온도 20 °C, 습도 50 % 온수 설정 온도 10 °C조건일 때 급수온도 10.9 °C 환수온도 11.4 °C, 공기온도 19.8 °C의 조건을 만족시킬 때, G/W단열재는 두께 40 mm일 때 외부 표면의 평균온도는 19.1 °C, R/W단열재는 두께 50mm 일 때 외부 표면의 평균온도 19.1°C의 높은 온도를 보이고, PE단열재는 40mm일 때 외부 표면의 평균온도 19.1°C, 고무단열재는 두께 40mm일 때 외부 표면의 평균온도 19.35°C의 높은 온도를 나타낸다.

두께 25 mm에서는 G/W단열재 외부온도 18.9

°C, 두께 40 mm에서는 고무단열재 외부온도 19.4 °C, 두께 50 mm에서는 고무단열재 19.3 °C의 높은 온도를 나타낸다.

열류량은 두께 25 mm 일 때 R/W, PE단열재 0.003 W/m², 두께 40 mm G/W, PE, 고무단열재가 0.004 W/m², 두께 50 mm 일 때 R/W단열재가 0.003 W/m²로 우수성을 나타낸다.

Fig. 7과 같이 공기온도 20 °C, 습도 50 % 온수 설정 온도 30 °C조건일 때 급수온도 29.9 °C 환수온도 29.7 °C, 공기온도 19.8 °C의 조건을 만족시킬 때, G/W단열재는 두께 25 mm일 때 외부 표면의 평균온도는 21.3 °C의 높은 온도를 보이고, R/W단열재는 두께 50 mm 일 때 외부 표면의 평균온도 20.6 °C의 높은 온도를 보인다. PE 단열재는 두께 25 mm일 때 외부 표면의 평균온도 21.9 °C의 높은 온도를 나타내고, 고무단열재는 두께 25 mm 외부 표면의 평균온도 21.34 °C의 높은 온도를 나타낸다.

두께 25 mm에서는 PE단열재 외부온도 20.9 °C로 높은 온도를 나타내고 있다. 두께 40 mm에서는 고무단열재 외부온도 20.9 °C 높은 온도를 나타낸다. 두께 50 mm에서는 R/W단열재 외부온도 20.6 °C의 높은 온도를 나타낸다.

열류량은 두께 25 mm 일 때 R/W단열재 0.003 W/m², 두께 40 mm G/W단열재가 0.002 W/m², 두께 50 mm 일 때 PE단열재가 0.002 W/m² 로 우수성을 나타낸다.

Fig. 8과 같이 공기온도 20 °C, 습도 50 % 온수 설정 온도 60 °C 조건일 때 급수온도 58.7 °C 환수온도 57.4 °C, 공기온도 19.01 °C의 조건을 만족 시킬 때, G/W단열재는 두께 25 mm일 때 외부 표면의 평균온도는 23.89 °C, R/W단열재는 두께 40 mm일 때 외부 표면의 평균온도 22.5 °C의 높은 온도를 보이고, PE단열재는 두께 25 mm일 때 외부 표면의 평균온도 26.8 °C, 고무단열재는 두께 25 mm 외부 표면의 평균온도 24.1 °C의 높은 온도를 나타낸다.

두께 25 mm에서는 PE단열재 외부온도 26.8 °C, 두께 40 mm에서는 고무단열재 외부온도 22.6 °C, 두께 50 mm에서는 PE단열재 외부온도 22.2 °C의 높은 온도를 나타낸다.

열류량은 두께 25 mm 일 때 PE단열재 0.008 W/m², 두께 40 mm 고무단열재가 0.01 W/m², 두께 50 mm 일 때 R/W단열재가 0.009 W/m²로 우수성을 나타낸다.

4. 결론

본 실험은 배관 단열재 종류별 두께에 따른 사용 온도 차이의 단열성과 표면 열방사율을 측정하여 고무발포배관단열재의 성능 기준 및 평가에 대한 실험 결론은 다음과 같다.

G/W단열재의 외부 표면 온도와 내부 표면 온도 차이는 온수공급 0, 10 °C일 때 두께 25 mm에서 각각 17.8 °C, 8.4 °C로 온도차이가 우수하였으며, 온수공급 30, 60 °C일 때 두께 50 mm가 9.7 °C, 37.5 °C로 우수하게 나타났다. 열류량은 온수온도 30 °C일 때 두께 40 mm에서 0.002 W/m²으로 가장 우수하게 나타났다.

R/W단열재의 외부 표면 온도와 내부 표면 온도 차이는 온수공급 0, 10 °C일 때 두께 25mm 에서 각각 18.0 °C, 8.8 °C로 우수하였으며, 30, 60 °C 일 때 두께 50 mm에서 9.7 °C, 37.6 °C로 우수하게 나타났다. 열류량은 온수온도 10 °C일 때 두께 25, 50 mm, 온수온도 30 °C일 때 두께 25, 40, 60 mm에서 0.003 W/m²으로 가장 우수하게 나타

났다.

PE단열재의 외부 표면 온도와 내부 표면 온도 차이는 온수공급 0, 10, 30, 60 °C일 때 두께 40mm에서 각각 18.6 °C, 8.5 °C, 9.7 °C, 37.6 °C로 우수하였다. 열류량은 온수온도 30 °C일 때 두께 50 mm에서 0.002 W/m²으로 가장 우수하게 나타났다.

고무단열재의 외부 표면 온도와 내부 표면 온도 차이는 온수공급 0, 10, 30, 60 °C일 때 두께 50mm에서 각각 18.8 °C, 8.6 °C, 9.8 °C, 38.5 °C로 우수하였다. 열류량은 온수온도 30 °C일 때 두께 40, 50 mm에서 0.003 W/m²으로 가장 우수하게 나타났다.

온수온도 0 °C일 때 고무단열재 50 mm의 온도가 18.8 °C, 온수공급 10 °C일 때 R/W단열재 25 mm의 온도 8.8 °C, 온수공급 30, 60 °C 고무단열재 9.8 °C, 38.5 °C로 가장 우수한 단열성능을 나타내고 있다.

이를 바탕으로 국내에서 환경성과 난연성을 중시하는 건축현장과 에너지 보존의 극대화를 위해 많이 사용되고 있는 고무발포배관단열재에 대한 법규 및 시험 방법, 규격에 도움이 되었으면 한다.

후 기

본 연구는 2008년도 민간수탁연구사업 과제 “배관 보온·단열재의 열손실 방지를 위한 단열설계 기준개발“(과제번호 : 2008-0354-1-2)의 연구 결과의 일부입니다.

참고 문헌

1. 윤관선, 이교영. 고무발포 보온재의 적정두께. 대한설비공학회 2008 동계학술발표대회 논문집, pp. 429-433.
2. 안창환, 공성훈. 배관재에 따른 표면결로 해석에 관한 연구. 한국생활환경학회지 2007. Vol 14, NO. 3, pp 171-179.
3. 한국설비기술협회. 고무발포단열재. KARSE B 0043. 2005.
4. 윤관선. 친환경 고무 발포 보온재. 대한설비공학회 2005하계학술발표대회 논문집. pp. 399-404.